
DE L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE BOUTURAGE EN CASCADE DU SEQUOIA SEMPERVIRENS

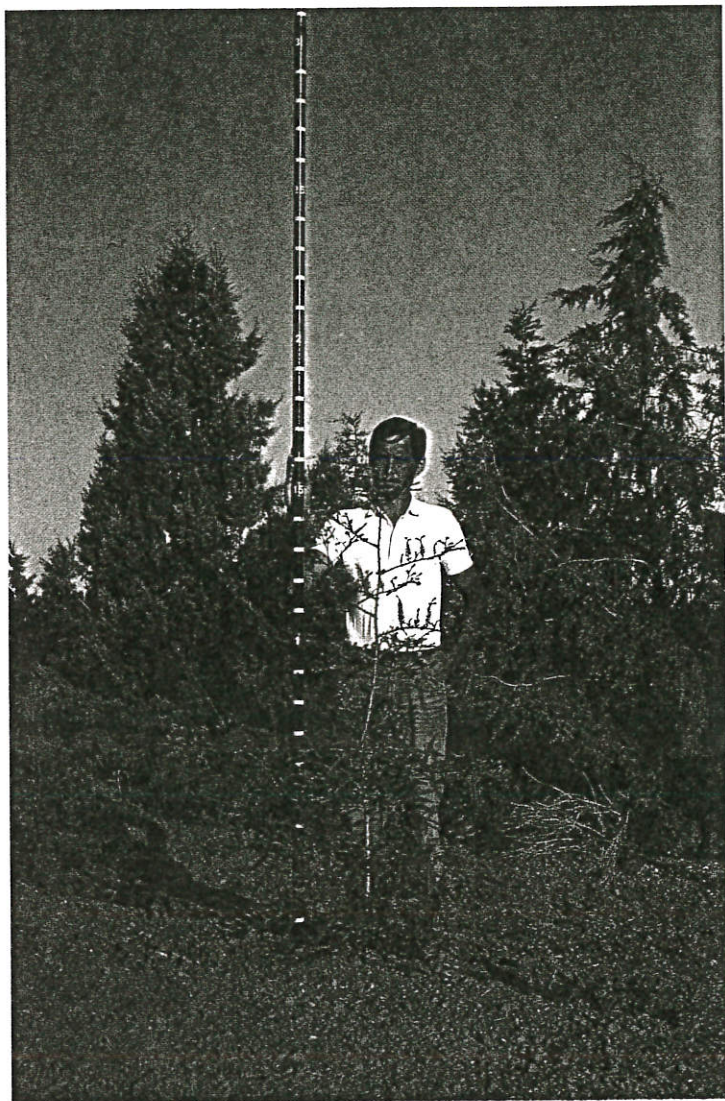
O. MONTEUUIS, C. PAGES, P. SARRAN

Class. Oxford 174.7 : 165.4

SOMMAIRE

1. introduction	113
2. généralités expérimentales	115
3. résultats	116
31 — facteurs liés au matériel végétal	116
311 — origine des ramets	116
311.1 - âge de l'ortet d'origine	116
311.2 - topographie	117
311.3 - pousses orthotropes et pousses plagiotropes	117
311.4 - différences clonales	119
312 — effets de traitements présumés rhizogènes	121
312.1 - auxines	121
312.2 - entaille basale	122
312.3 - époinçage	122
32 — influence de l'environnement	123
4. discussion	126
5. conclusions	128
Bibliographie	129
Résumé	130
Summary	130
Zusammenfassung	130





Bouture de *Sequoia sempervirens* en seconde année de plantation (test clonal de Vauvert - Hérault).

1. introduction

Le *Sequoia sempervirens*, gymnosperme affiliée aux Taxodiacées, est un arbre originaire de la côte ouest des U.S.A., intéressant sous différents aspects. Plusieurs laboratoires de culture *in vitro*, en France comme à l'étranger, l'ont adopté comme matériel d'études de physiologie végétale (équipe du Professeur Murashige, équipe du Professeur Miginiac : voir Bekkaoui *et al.*, 1984 et Fouret *et al.*, 1985), ou à des fins de production (micropropagation : Boulay, 1977). En effet, dans des conditions naturelles convenables, cette essence suscite un engouement certain en foresterie du fait de ses caractéristiques avantageuses : vigueur, possibilité de rejeter de souche, qualités technologiques du bois, etc... Ces différentes particularités ont déjà été développées dans plusieurs publications (Heinrich et Vaudelet, 1978; Bonduelle *et al.*, 1982). Dans des pays tempérés comme la France, les températures trop basses semblent être le principal facteur limitant l'extension de son implantation (Heinrich et Vaudelet, 1978; Bonduelle *et al.*, 1982). Ceci explique le développement privilégié de l'espèce dans des régions jouissant d'un climat de type océanique telle que la Bretagne. Le sud-est de la France, généralement épargné par les froids intenses, pourrait également se prêter à la culture du *Sequoia sempervirens* dans certains sites écologiquement propices. Le succès d'une telle opération paraît être favorisé par l'implantation d'un matériel végétal initialement adapté à ces conditions. Dans cette optique, l'utilisation de clones obtenus à partir de sujets séculaires acclimatés et sélectionnés localement semble être une garantie supplémentaire.

Depuis plusieurs années, un des thèmes de travail de la pépinière AFOCEL de Marvejols est de définir les conditions optimales de multiplication de ces clones sudistes à partir de la technique de bouturage « en cascade », dont un des intérêts est de remédier à l'inéluctable phénomène de vieillissement des pieds-mères entraînant une diminution de l'aptitude au bouturage (Franclet, 1977; St-Clair *et al.*, 1985). La synthèse des résultats obtenus à ce jour fait l'objet de ce rapport.



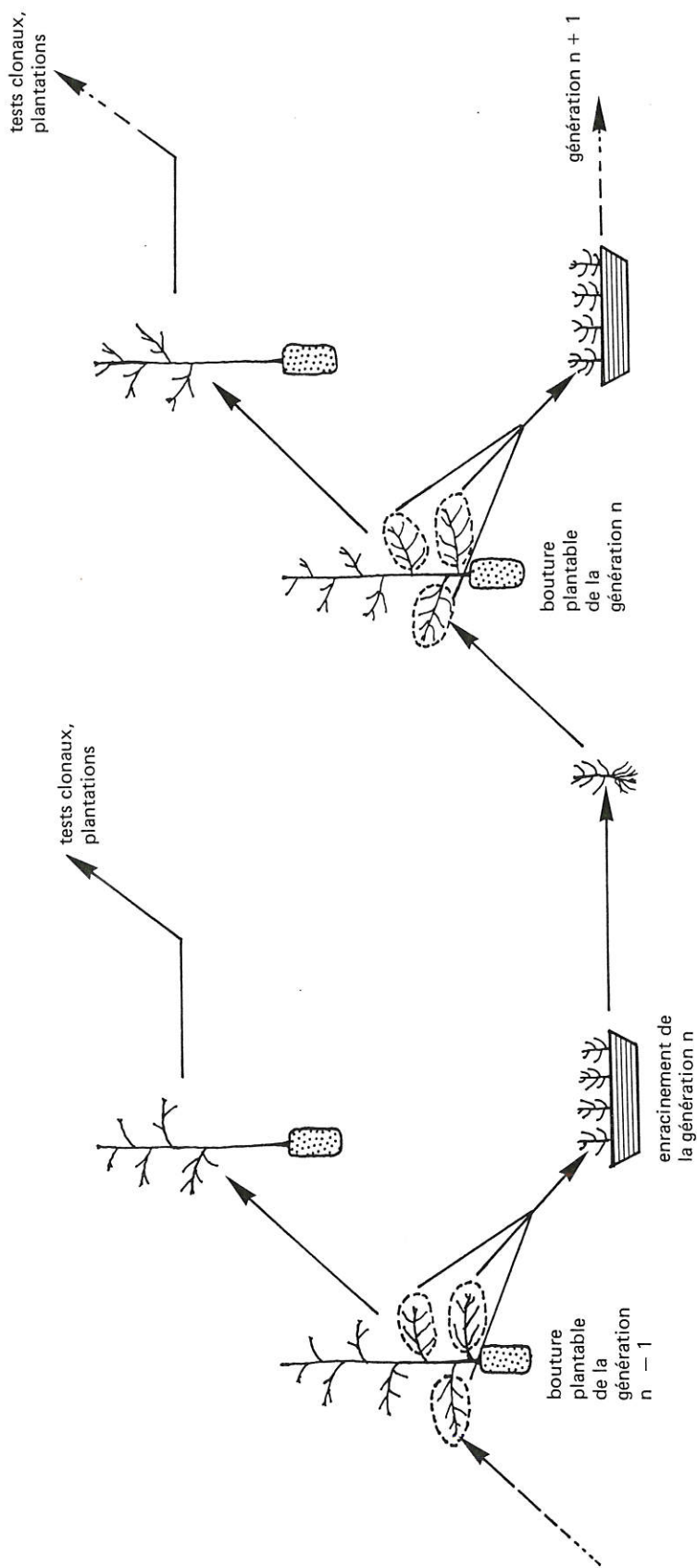


Schéma explicatif de la technique de bouturage « en cascade »
 (les boutures de la génération n sont prélevées sur leurs homologues, plantables, de la génération $n-1$)

2. généralités expérimentales

Le bouturage a été pratiqué durant les mois d'août, septembre, octobre, novembre et décembre. Les rameaux récoltés sur les têtes de clones centenaires «in situ» (mobilisation) ou sur leurs descendants (boutures développées de la n^{ème} génération en cascade) sont généralement bouturés immédiatement après le prélèvement. L'opération consiste, dans un premier temps, à tailler des boutures de 7 à 8 cm de long à partir de leur bourgeon terminal. Les axes orthotropes, caractérisés notamment par une phyllotaxie spiralée et des feuilles à tendance décurrenente disposées radialement, sont préférentiellement choisis, bien qu'étant minoritaires. En effet, le bouturage en cascade pratiqué consiste à prélever sur les boutures de la génération n, développées au terme d'une saison de végétation, les pousses qui constitueront la génération suivante n + 1. Les plants étant destinés aux plantations automnales, il va sans dire que les ramets récoltés dans la partie basale sont la plupart du temps des pousses axillaires plagiotropes à symétrie bilatérale et dorsi-ventralité, l'axe principal orthotrope étant bien entendu préservé pour garantir la qualité du plant.

A la base, on pratique une entaille longitudinale d'un centimètre de long environ destinée à mettre à nu les tissus internes, tels que l'assise cambiale. Éventuellement, cette base est ensuite trempée dans une préparation auxinique du commerce - généralement Exubérone L (trempage instantané) ou Rootone F -, puis les boutures sont repiquées à raison de 50 unités par barquette de 39 cm x 15 cm x 7 cm garnie de substrat de bouturage composé, sauf indication contraire, d'un volume de tourbe blonde pour trois volumes de perlite et préalablement arrosée d'une solution antifongique. L'ensemble est ensuite installé dans les enceintes de bouturage en ayant pris soin de respecter un dispositif expérimental adapté aux facteurs testés. Des fongicides usuels (Benlate, Ronilan, Rovral, Thirbane,...), utilisés en alternance pour éviter les phénomènes d'accoutumance de certaines souches de *Botrytis cinerea*, sont pulvérisés chaque semaine.

La rhizogenèse se déroule dans une ambiance saturée en humidité. De novembre à avril, un film plastique fin disposé de façon quasi-hermétique à quelques centimètres au-dessus des boutures assure un confinement réduit dans lequel la température se maintient à 20-22°C alors qu'elle est de 22°C pour le substrat. De mai à octobre, cette installation dite «à l'étouffée» est remplacée par un confinement plus spacieux afin d'éviter d'éventuels dommages causés par des coups de chaleur. Des brumisateurs maintiennent une hygrométrie saturante. Dans ces conditions et malgré le système d'ombrières automatiques et d'ouvrants de la serre, la température peut occasionnellement atteindre 40°C durant les étés particulièrement chauds.

Trois mois après la mise en place de l'essai, diverses observations sont effectuées, dont le décompte des boutures racinées qui sont repiquées en mottes Melfert de 350 cm³, puis disposées sur aquanappe (sub-irrigation) à une densité de 30 mottes par caisse-portoir Stamp. Après un sevrage sans incident, la quasi-totalité des boutures repiquées est élevée en serre jusqu'au mois de juin, date à laquelle les plants sont installés en auto-cernage sur des terrasses extérieures irriguées par aspersion, en vue de leur éducation. Les boutures de la génération suivante sont prélevées avant leur départ pour les plantations, en début d'automne.



3. résultats

31 - FACTEURS LIÉS AU MATÉRIEL VÉGÉTAL

311 - ORIGINE DES RAMETS

L'origine de la pousse peut conditionner l'état physiologique de la bouture au moment de son prélèvement et, de ce fait, influencer sur ses capacités ontogéniques. De ce point de vue plusieurs aspects ont été analysés :

311.1 - âge de l'ortet d'origine

Il est reconnu que l'aptitude à la reproduction végétative s'estompe au fur et à mesure du développement architectural du végétal lié au facteur temps, généralement adopté comme référence (âge chronologique : temps écoulé depuis la germination). Le *Sequoia sempervirens* présente une aptitude au clonage supérieure à bon nombre d'autres espèces arborescentes (de la Goublaye de Nantois, 1981). Ainsi, il est possible de mobiliser directement par bouturage Bo des sujets centenaires. L'opération est généralement laborieuse et les pourcentages d'enracinement demeurent faibles avec, néanmoins, des différences individuelles influencées par divers paramètres tels que le choix des ramets sur l'ortet, les variations saisonnières, etc... Certaines boutures ayant formé des cals peuvent être rebouturées, après ablation du cal basal et, à terme, s'enraciner. Les sujets racinés obtenus en première génération de mobilisation sont, pour la plupart, plagiotropes et peu vigoureux, à l'image de leur système racinaire néoformé (une à deux racines par plant). L'expérience montre que dans les cas où le matériel prélevé en vue du clonage est en quantité restreinte, le greffage sur de jeunes semis ou des boutures de la même espèce (homogreffes) est une garantie supplémentaire pour réussir la mobilisation.

La deuxième génération de copies génétiques obtenues à partir de matériel déjà mobilisé montre généralement une meilleure aptitude rhizogène : délais d'enracinement plus courts (deux à trois mois), appareils racinaires plus vigoureux et mieux fournis. La variabilité intraclonale est beaucoup plus marquée, avec une amplitude morphologique forte : différents degrés de plagiotropisme, jusqu'à des formes présentant les caractéristiques de l'orthotropie, coexistent. Ces derniers cas sont numériquement minoritaires. Certains clones peuvent être introduits dans un système de bouturage en cascade en vue de reboisement dès la deuxième génération de boutures à compter de la mobilisation, le délai requis est fonction de la sélection du matériel bouturé et du respect de conditions de bouturage favorables. Les clones intégrés dans un tel système de bouturage perpétué de génération en génération montrent une bonne capacité à la reproduction végétative estimée par un rendement moyen plants plantables/ramets bouturés de l'ordre de 70 % à 80 %; cet état est auto-entretenu au fil des générations et correspond à un développement limité du système aérien des pieds-mères par rapport à l'appareil racinaire.

311.2 - topographie

Les pousses situées à proximité de l'appareil racinaire s'enracinent plus facilement que les rameaux prélevés à la périphérie du houppier. Cette remarque se vérifie surtout pour les individus bien développés que l'on souhaite mobiliser. A cette fin, il est préférable de choisir les rejets situés au niveau du sol, à proximité du tronc, ou des pousses épicromiques (de la Goublaye de Nantois, 1981). L'existence de ces formations dépend des sujets convoités; à défaut de tels axes, on récoltera les rameaux de branches basses. Cette influence bénéfique du système racinaire sur l'aptitude au bouturage, vérifiée pour des espèces affiliées (*Sequoiadendron giganteum*; Monteuis, 1985) est mise à profit lors des opérations de recépage des pieds-mères, pratiquées dans la pépinière AFOCEL de Guingamp notamment.

311.3 - pousses orthotropes et pousses plagiotropes

Les axes orthotropes ont une croissance verticale et se caractérisent par certains aspects morphologiques tels qu'une phyllotaxie spiralée, des feuilles disposées radialement avec une partie décurrente prépondérante. Ce type de pousse s'observe sous forme de rejets communément appelés «asperges» qui peuvent apparaître naturellement ou après recépage. Les rameaux plagiotropes, eux, poussent selon un certain angle d'inclinaison par rapport à la verticale, jusqu'à l'horizontale (plagiotropisme strict). Ils sont caractérisés, entre autres, par une partie libre des feuilles plus développée, une symétrie bilatérale et une dorsi-ventralité. Edelin (1977), qui a étudié ces phénomènes dans le détail, considère que les axes orthotropes sont adaptés à l'exploration du milieu, tandis que leurs homologues plagiotropes auraient un rôle d'exploitation de ce même milieu.



Apparitions de rejets à l'issue de la phase d'enracinement

Ces caractéristiques nous ont permis de différencier les deux types de ramets et de comparer leurs aptitudes respectives au bouturage à partir d'un échantillon de 17 clones de deuxième génération (mobilisation Bo, puis B₁) bouturés au mois d'août à contre-saison (voir effet saisonnier). Les résultats sont exposés dans le tableau n° 1a. En se référant essentiellement à la variante « avec bourgeon terminal », représentative de notre technique de bouturage habituelle, nous ne constatons aucune différence quant au pourcentage global d'enracinement entre les deux types de pousses ($\approx 70\%$). Le nombre moyen de racines par bouture racinée est en faveur des axes orthotropes (2,9 contre 2,3), de même que la répartition spatiale de ces racines (voir également figures n° 1 et 2). Par ailleurs, les observations communément réalisées sur plusieurs milliers de boutures plagiotropes, largement majoritaires du fait, déjà signalé, de notre système de bouturage en cascade, révèlent qu'il est tout à fait possible de régénérer, à partir de ces axes plagiotropes, un appareil racinaire vigoureux et bien fourni. Cet objectif semble tributaire de l'état physiologique de la bouture, mais également de la composition du substrat de bouturage. De telles boutures, une fois repiquées, évoluent rapidement en sujets vigoureux orthotropes à partir du méristème terminal, d'un bourgeon axillaire qui prend alors la préséance sur le terminal, ou de rejets qui naissent

généralement au niveau de la jonction tige-racines néoformées. Lorsque les conditions de bouturage ne sont pas favorables (bouturage à contre-saison, matériel non réactif, substrat non adapté...), les boutures plagiotropes ont tendance à n'émettre qu'une seule racine, bien souvent opposée à l'orientation de la tige aérienne. L'ensemble évolue par la suite selon un mode de croissance plagiotrope.

TABLEAUX N° 1
*Essai réalisé en août 1985 à partir de bouturage en cascade
de deuxième génération de 17 clones prélevés sur des sujets centenaires*

• tableau n° 1a
Pourcentage de boutures enracinées à partir de l'effectif
initialement installé

	avec bourgeon terminal	sans bourgeon terminal**
orthotropes	89/127 = 70,1 %	44/104 = 42,3 %
plagiotropes	264/367 = 71,9 %	129/220 = 58,6 %

• tableau n° 1b
Nombre moyen de racines par bouture racinée

	avec bourgeon terminal	sans bourgeon terminal
orthotropes	2,9 (N* = 89)	2,5 (N = 43)
plagiotropes	2,3 (N = 258)	2,3 (N = 145)

* N = nombre de boutures initialement installées.

** Dans cette variante expérimentale, le bourgeon terminal a été systématiquement excisé lors de la mise en place des boutures.

311.4 - différences clonales

Des différences inter et intra-clonales d'aptitudes rhizogènes existent de façon plus ou moins marquée en fonction de la date de bouturage. Ainsi, pour 12 clones bouturés en novembre 1982, le pourcentage d'enracinement varie de 76 à 98 % avec une moyenne générale de 90 % pour un écart-type de 8 %. A partir du bouturage de septembre 1984 des mêmes clones, nous constatons des variations interclonales d'enracinement de 10 à 95 % pour une moyenne de 66 % et un écart-type de 23 %...

Des observations similaires, applicables également à d'autres espèces, incitent à penser que l'aptitude à l'enracinement au sein d'un même clone varie au cours de l'année en fonction de facteurs endogènes et exogènes tels que l'environnement des ramets. En ce sens, le tableau n° 2 est explicite. On conçoit donc que l'établissement d'un classement hiérarchisé des clones en fonction de leurs capacités rhizogènes respectives doit être une entreprise de longue haleine, basée sur plusieurs résultats comparatifs de clones testés dans les mêmes conditions, pieds-mères compris, et en tenant compte de la date de bouturage (voir Morgenstern *et al.*, 1984).



Restitution
de l'orthotropie

Bouture orthotrope à gauche et bouture plagio-
trope à droite.

Naissance d'une pousse ortho-
trope à partir de la zone d'arcure. →



Émission de rejets orthotropes après
repiquage en motte Melfert.

TABLEAU N°2

Pourcentage d'enracinement en fonction de la période de bouturage et des clones
(effectif moyen observé : N = 95 boutures)

Clones AfoceI	Périodes de bouturage (mois et année)					Moyennes
	11/82	9/83	9/84	10/85	12/85	
248	79 %	96 %	79 %	74 %	67 %	79 %
252	90 %	96 %	83 %	33 %	80 %	76 %
253	96 %	99 %	95 %	65 %	83 %	88 %
258	93 %	92 %	48 %	96 %	70 %	81 %
Moyennes . . .	89 %	96 %	76 %	67 %	75 %	

N.B. : Les clones analysés sont intégrés depuis plusieurs générations dans un système de bouturage « en cascade » permettant un auto-entretien de l'aptitude à la multiplication végétative au cours des générations successives de bouturage (cf. § 311.1). Cette remarque est applicable aux tableaux suivants.

312 - EFFETS DE TRAITEMENTS PRÉSUMÉS RHIZOGÈNES

312.1 - auxines

La nature des différents composés auxiniques exogènes, généralement utilisés à des doses variant de 0,01 % à 0,5 %, ne semble pas provoquer d'effets significatifs sur l'enracinement. Les solutions commerciales : Rhizopon, Rootone ou Exubérone L (trempage instantané) peuvent être employées indifféremment (voir tableau n° 3). D'autre part, l'application de ces diverses auxines n'est pas toujours justifiée. Nous pouvons constater, lors du bouturage de septembre 1983 (essai n° 1) de meilleurs résultats en l'absence de tout traitement auxinique (voir également le tableau n° 4).

TABLEAU N° 3
Effets de divers traitements auxiniques sur le pourcentage d'enracinement
en fonction de l'époque de bouturage
(% établis à partir de N ≥ 100)

(% établis à partir de N ≥ 100)

AUXINES	Périodes de bouturage (mois et année)						
	11/82	9/83		9/84*	9/85	10/85	12/85
		Essai 1 *	Essai 2				
Rhizopon AA trempage 24 h solution à 0,01 % AIB	90 %						
Rhizopon B 0,5 % d'AIA + 1 % Benlate (poudre)	89 %						59 %
Rootone F (0,06 % d'AIB + 0,1 % d'ANA)	86 %		96 %			90 %	56 %
Exubérone L (0,4 % d'AIB en solution aqueuse) trempage instan- tané.		74 %	96 %	71 %	88 %		
Témoin		80 %		64 %	87 %	90 %	51 %

* traitement significatif ($p < 5\%$).

Il semble que l'incidence des auxines exogènes sur la rhizogenèse varie avec les dates de bouturage (Roberts et Fuchigami, 1973) et en fonction des clones. L'emploi de ces substances, controversé dans certains cas, peut être malgré tout conseillé, mais ce n'est certainement pas un facteur d'enracinement de première importance.

312.2 - entaille basale

La pratique de l'entaille à la base de la bouture, destinée à mettre à nu les tissus de la zone rhizogène est une technique répandue dans bon nombre de pépinières de végétaux ligneux. Hartmann et Kester (1975) mentionnent l'intérêt de cette opération pour la qualité de l'enracinement. Plus récemment, Howard *et al.* (1984) établissent sur le pommier M 26 que le fait d'entailler la base de la bouture améliore le pourcentage d'enracinement et la qualité des racines par bouture. Dans la pépinière AFOCEL de Marvejols, toutes les boutures de conifères sont entaillées. Nous avons pu vérifier concrètement les bienfaits de cette technique sur un total de 814 boutures correspondant à 17 clones installées en septembre 1984 : nous avons ainsi obtenu 64,1 % d'enracinement contre 55,6 % pour les témoins sans entaille (effet largement significatif). En outre, les appareils racinaires néoformés après entaille paraissent mieux fournis.

312.3 - époinçage

Le bourgeon terminal d'une bouture constitue un centre métabolique important qui peut avoir une incidence sur la rhizogenèse par l'intermédiaire, entre autres, de certains phytorégulateurs endogènes (AIA) synthétisés en son siège (Roberts et Fuchigami, 1973). Pour cette raison, il nous a paru important de vérifier le bien-fondé de la conservation du bourgeon terminal de nos boutures : l'essai porte sur le matériel orthotrope et plagiotrope défini au paragraphe 311.3; pour chacune des deux classes d'axes, nous avons différencié les boutures avec bourgeon terminal de leurs homologues pour lesquelles le bourgeon terminal a été excisé lors de la mise en place des boutures. On constate (tableaux n° 1a et 4) l'effet bénéfique du bourgeon terminal sur le pourcentage d'enracinement, surtout, semble-t-il, en ce qui concerne les axes orthotropes (tableau n° 1a); l'influence positive sur le nombre de racines par bouture et la répartition spatiale de ces dernières est moins nette et mériterait d'être confirmée sur un matériel plus réactif (tableau n° 1b, figures 1 et 2).

TABLEAU N° 4
Pourcentage d'enracinement en fonction de la présence
ou non du bourgeon terminal et du traitement auxinique
(bouturage de septembre 1985)

Auxines	avec bourgeon terminal	sans bourgeon terminal	Totaux
Exubérone L			
trempage instantané . . .	175/200 = 87,5 %	160/200 = 80 %	335/400 = 83,75 %
Témoin	173/200 = 86,5 %	160/200 = 80 %	333/400 = 83,25 %
Totaux	348/400 = 87 %	320/400 = 80 %	668/800 = 83,5 %

32 - INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT

En matière de bouturage, la distinction entre les facteurs endogènes et les facteurs exogènes peut paraître trop tranchée du fait que ces derniers peuvent induire des modifications d'états endogènes. Il est en effet admis que différents paramètres de l'environnement tels que la lumière (qualité, intensité et photopériode), la température, le bilan hydrique, la fertilité et la nature du substrat..., ont une influence sur l'enracinement des boutures. Cette influence peut s'exercer sur l'ortet avant le prélèvement des ramets (le conditionnement des pieds-mères par des paramètres d'ambiance est pratiqué dans certains établissements), sur la bouture récoltée avant le bouturage proprement dit (conservation au froid dans l'obscurité) ou pendant la rhizogenèse (influence du substrat de bouturage...).

Les observations réalisées dans nos installations sur plusieurs centaines de boutures regroupant plusieurs clones de *Sequoia sempervirens* montrent que les bouturages effectués en août ou au début de septembre sont déconseillés : rhizogenèse laborieuse, enracinement quantitativement plus faible et de mauvaise qualité (nombre de racines par bouture et répartition spatiale médiocre), ultérieurement variabilité intra-clonale assez importante avec une recrudescence plus ou moins forte de la plagiotropie en fonction des clones. Ces inconvénients s'estompent dans le cas de bouturage plus tardif comme l'illustre la comparaison entre les figures 1 et 2 d'une part et le tableau n° 5 d'autre part. Des essais consécutifs répétés montrent que globalement les résultats de bouturage pour un matériel de même origine peuvent varier très rapidement en fonction de la date de prélèvement et des années (voir tableau n° 2). L'inconstance des facteurs climatiques, entraînant vraisemblablement des modifications défavorables de l'état physiologique des ramets (voir Larsen, 1955), semble être la principale origine de ces fluctuations d'enracinement difficilement contrôlables. Ces effets néfastes du climat sur la rhizogenèse sévissent surtout l'été par des températures excessives à l'intérieur des enceintes de bouturage, d'où la nécessité d'adapter l'environnement des boutures en cours d'enracinement, donc très vulnérables, à la saison par un choix approprié des installations de bouturage (confinement) et du substrat de rhizogenèse.

La composition de ce substrat doit être déterminée en fonction des caractéristiques ambiantes, liées à la saison, à l'intérieur de l'enceinte : degré hygrométrique, condensation, assise plus ou moins drainante des plateaux de bouturage. En conditions d'hygrométrie saturante recommandées pour le *Sequoia sempervirens*, un substrat relativement filtrant et léger, à dominante de perlite par exemple, paraît convenir. Il semble utile d'insister sur le rôle important du substrat de bouturage vis-à-vis de l'enracinement, aussi bien du point de vue quantitatif (% d'enracinement) que qualitatif (morphologie et vigueur de l'appareil racinaire néoformé). L'intérêt d'adopter, après des essais nécessaires de mise au point, un substrat favorisant la formation d'un appareil racinaire de qualité est évident, particulièrement dans le cas du *Sequoia sempervirens* afin d'obtenir rapidement des souches vigoureuses régénérant aisément des pousses orthotropes, exploitables en taillis à courte rotation par exemple.

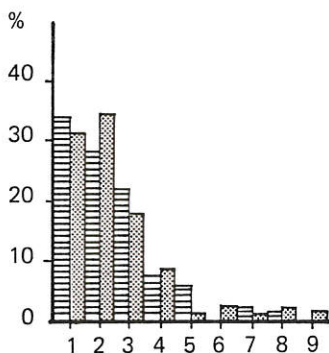


Fig. 1a : Boutures plagiotropes

avec bourgeon terminal

sans bourgeon terminal

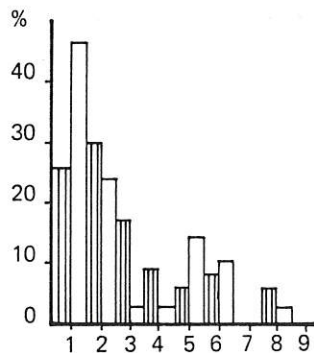


Fig. 1b : Boutures orthotropes

avec bourgeon terminal

sans bourgeon terminal

FIGURES N° 1

Histogrammes de fréquence, en % de l'effectif total de boutures observées, en fonction du nombre de racines par bouture (conditions expérimentales identiques à celles des tableaux 1).

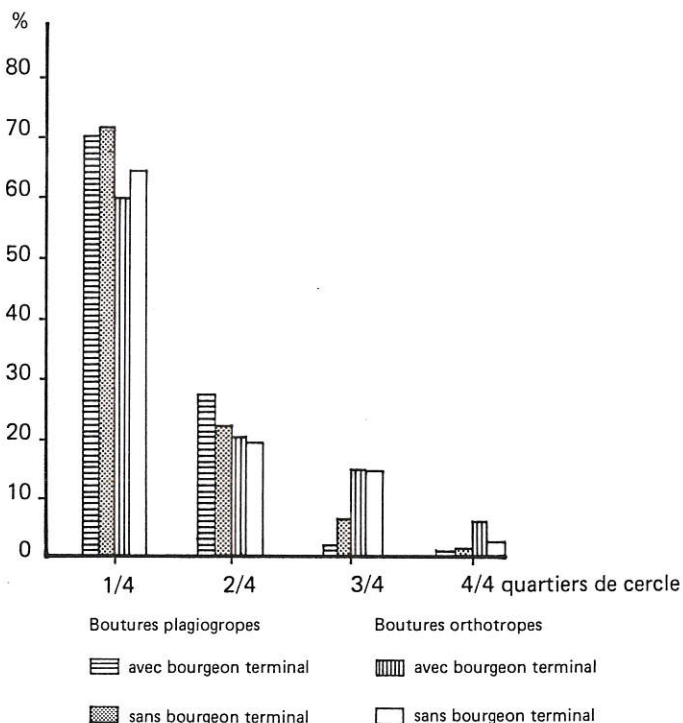


FIGURE N° 2

Histogrammes de fréquence en % de l'effectif total de boutures observées, en fonction de la répartition spatiale des racines estimée par le nombre de quartiers de cercle (1/4 à 4/4 en abscisse) affectés après projection plane, le centre du cercle correspondant à l'axe de la bouture - cf. légende du tableau n° 5 - (conditions expérimentales identiques à celles des tableaux 1 et figures 1).

TABLEAU N° 5
*Estimation de la qualité de l'appareil racinaire néoformé
à partir de ramets bouturés début décembre 1985*

N° de clone	Effectif enraciné observé	Nombre moyen de racines par bouture racinée	Ventilation des boutures en fonction de la répartition des racines par rapport à la tige			
			1/4	2/4	3/4	4/4
248	8	5	2	2	3	1
249	8	6	2	1	5	0
250	9	5	1	4	4	0
251	16	5	6	4	5	1
252	4	4	0	3	0	1
253	58	8	10	21	5	22
254	10	5	3	0	2	5
255	2	3	1	0	1	0
256	24	4	4	5	10	5
257	17	5	0	3	10	4
258	24	5	0	5	15	4
259	4	4	0	4	0	0
342	10	5	0	4	5	1
346	6	4	0	4	2	0
352	15	5	0	5	7	3
356	5	5	0	5	0	0
359	3	5	0	3	0	0
360	4	4	0	0	4	0
361	10	5	0	2	5	3
470	5	4	0	5	0	0
471	7	5	0	3	4	0
472	43	5	0	23	10	10
474	15	3	0	10	5	0
476	25	3	0	10	5	10
480	24	4	0	10	14	0
481	4	4	4	0	0	0
484	19	4	0	10	2	7
Total	379	5	33 (8,7 %)	146 (38,5 %)	123 (32,5 %)	77 (20,3 %)

Convention : La répartition spatiale des racines est estimée pour chaque bouture par le nombre de quartiers de cercle (1/4 à 4/4) affectés après projection plane, le centre du cercle correspondant à l'axe de la bouture.



1/4



2/4



3/4



4/4

4. discussion

Toutes les observations ont été réalisées à partir d'une technique de bouturage particulière, dite « en cascade », et intégrée dans un système de production de plants hors sol. Cette méthode, simple et économique, impose toutefois certaines contraintes, liées aux plantations. Cette dépendance se manifeste sous deux aspects : la période de prélèvement des boutures et leur nature.

La préparation, puis l'expédition des boutures, qui seront plantées à l'automne dans les terrains du sud-est de la France, impliquent de prélever la future génération de boutures durant les mois de septembre et d'octobre. Le bouturage de ce matériel s'effectue généralement de façon concomitante à cette période, ou peut éventuellement être différé jusqu'au mois de décembre grâce à la conservation au froid (chambre froide + 2°) des boutures conditionnées dans des sacs en plastique. Cette dernière solution qui du point de vue rendement n'a jamais été bénéfique, ne peut toutefois excéder un à deux mois, échéance à partir de laquelle les ramets pourrissent ou se dessèchent ! Or, il ressort de nos observations que cette époque de prélèvement n'est certainement pas la plus favorable pour la rhizogenèse, entraînant, d'autant que le bouturage est réalisé tôt en saison, une dépréciation généralisée de l'opération. Cette influence de la période de prélèvement sur les résultats de bouturage est un phénomène déjà noté (Larsen, 1955; Hartmann et Kester, 1975; Morgenstern *et al.* 1984; Monteuiis, 1985) et évoqué sous le terme de « variations saisonnières ». Ces fluctuations des paramètres du milieu ambiant agissent vraisemblablement au niveau du métabolisme endogène (auxinique, énergétique) du matériel bouturé, entraînant des modifications d'état physiologique et, par suite, des variations des réponses rhizogènes (Hartmann et Kester, 1975).

En ce qui concerne la nature des boutures, celles-ci, dans leur grande majorité, sont des axes latéraux, plagiotropes, pour lesquels l'obtention d'un système racinaire néoformé de qualité — racines nombreuses, bien réparties et vigoureuses — constitue un impératif de premier ordre. En effet, de cet appareil racinaire dépendent notamment la vigueur ultérieure des boutures et la restitution de l'orthotropie (De la Goublaye de Nantois et Franclet, 1979) qui se manifeste à différents niveaux (naissance des racines, collet, arcures de la tige) et plus ou moins rapidement selon les cas. En ce sens, le repiquage des boutures en mottes roulées permet un contrôle des racines et un tri, mesures souhaitables mais difficilement applicables lorsque les ramets sont bouturés directement en mottes. On conçoit d'autre part que les plants ayant bien colonisé la motte par des racines nombreuses et vigoureuses en auto-cernage durant l'élevage et l'éducation en pépinière offrent des garanties de reprise supérieures à la plantation.

Les boutures repiquées durant l'hiver montrent une croissance vigoureuse dès le début du printemps en serre. On obtient ainsi, à la fin de l'été, des plants bien développés puisque certaines flèches atteignent 60 à 70 cm. Cette hauteur peut paraître excessive si l'on destine ces plants à des stations desséchantes. Il semble que ce type de situation soit à éviter car ne correspondant pas à l'écologie de l'espèce. Néanmoins, il peut être souhaitable de réduire la partie caulinale par une taille de formation appropriée qui peut être concomitante du prélèvement des boutures de la génération suivante; cette taille favorise l'apparition de bourgeons qui évoluent en pousses orthotropes et, peu de temps après la plantation, un axe central s'individualise. Sous des climats propices, la sortie de serre, dès la disparition des gelées, des plants sevrés pour une éducation extérieure précoce est conseillée.



Bouture orthotrope enracinée.



Bouture orthotrope repiquée en motte Melfert (seconde génération de bouturage).

5. conclusions

L'analyse du bouturage en cascade de *Sequoia sempervirens* dans les conditions stipulées a permis de faire le point quant à l'intérêt de cette technique et de contribuer à la définition des modalités générales du bouturage de l'essence, vraisemblablement transposables, du moins en partie, à d'autres espèces ligneuses. Par cette méthode, la production de boutures clonées de qualité est réalisable avec de bons rendements en l'absence de parc à pieds-mères et éventuellement hors de la zone écologique de l'espèce. Cette solution peut être, dans certains cas, avantageuse. Néanmoins, et malgré l'investissement que cela représente, la création d'un parc à pieds-mères, géré de façon rationnelle (planification de la production, fertilisation appropriée, renouvellement des souches,...), et permettant de disposer à longueur d'année d'une production de boutures orthotropes, est un atout certain pour optimiser le bouturage de cette espèce réactive qui possède la faculté appréciable de rejeter de souche.



Production lors de l'éducation, en auto-cernage,
sur les terrasses de la pépinière AfoceI de Marvejols (Lozère)

BIBLIOGRAPHIE

- BEKKAOUI F., ARNAUD Y., LARRIEU C., MIGINIAC E. (1984)
 « Étude comparative de la rhizogenèse in vitro de *Sequoia sempervirens* chez deux clones d'âges différents »
Annales Afocel, 1983, pp. 5-25
- BONDUELLE P., BOULAY M., CAUVIN B., CHAPERON H., DELEPORTE P., DESTREMAU D.X., MARIEN J.N., MARQUESTAUT J., TOUZET G., VAUDELET J.C. (1982)
 « Culture de biomasse ligneuse »
Afocel, 212 p.
- BOULAY M. (1978)
 « Multiplication rapide du *Sequoia sempervirens* en culture in vitro »
Annales Afocel, 1977, pp. 37-67
- De LA GOUBLAYE DE NANTOIS T., FRANCKET A. (1979)
 « Bouturage du douglas : rétablissement de l'orthotropie »
Annales Afocel 1978, pp. 277-295
- De LA GOUBLAYE DE NANTOIS H. (1981)
 « Vieillissement et rajeunissement chez le *Sequoia sempervirens* (Endlicher) en relation avec la propagation végétative »
Thèse de 3^e cycle, Université de Paris VI, 170 p.
- EDELIN C. (1977)
 « Images de l'architecture des conifères »
Thèse de 3^e cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 243 p
- FOURET Y., ARNAUD Y., LARRIEU C. (1985)
 « Rajeunissement in vitro du *Sequoia sempervirens* »
Annales Afocel, 1984, pp. 111-137
- FRANCKET A. (1977)
 « Manipulation des pieds-mères et amélioration de la qualité des boutures »
Afocel, Études et recherches, n° 8, 20 p.
- HARTMANN H.T., KESTER D.E. (1975)
 « Plant propagation. Principles and Practices »
Prentice Hall, 662 p.
- HEINRICH J.C., VAUDELET J.C. (1978)
 « Introduction du *Sequoia sempervirens* en France »
Informations-Forêt n° 4, fascicule 116
- HOWARD B.H., HARRISON-MURRAY R.S., MACKENZIE K.A. (1984)
 « Rooting responses to wounding winter cuttings of M. 26 apple rootstock »
Journal of Horticultural Science, n° 59 (2) pp. 131-139
- LARSEN C.M. (1955)
 « The seasonal variation in the natural rooting capacity of cuttings of Norway Spruce and Sitka Spruce »
Z. Forstgenetik, n° 4, pp. 69-80
- MONTEUUIS O. (1985)
 « La multiplication végétative du sequoia géant en vue du clonage »
Annales Afocel 1984, pp. 139-171

- MORGENSTERN E.K., NICHOLSON J.M., PARK Y.S. (1984)
 « Clonal Selection in *Larix laricina*. I. Effects of age, clone and season on rooting of cuttings »
Silvae genetica, vol. 33, pp. 155-160
- ROBERTS A.N., FUCHIGAMI L.H. (1973)
 « Seasonal changes in auxin effect on rooting of Douglas-fir stem cuttings as related to bud activity »
Physiol. Plant., vol. 28, pp. 215-221
- ST CLAIR J.B., KLEINSCHMIT J., SVOLBA J. (1985)
 « Juvenility and Serial vegetative propagation of Norway spruce clones (*Picea abies* Karst.) »
Silvae Genetica, vol. 34, pp. 42-48

RÉSUMÉ

La présente étude, réalisée en vue d'améliorer les conditions de bouturage en cascade du *Sequoia sempervirens*, met en évidence l'influence de certains paramètres sur la rhizogenèse adventive de l'espèce. Ainsi, le choix rationnel des boutures sur l'ortet d'origine, allié à une technique de bouturage adaptée dont divers éléments ont été précisés, permet la diffusion de clones sélectionnés à partir de têtes de clones centenaires. L'état physiologique du matériel bouturé, susceptible de variations difficilement contrôlables, paraît être le facteur prépondérant pour produire des boutures de qualité. Conjointement, la qualité de l'appareil racinaire néoformé est abordé.

SUMMARY

Title of the article: « Improvement of repeated vegetative propagation of *Sequoia sempervirens* »

The present study realized for improving the repeated vegetative propagation conditions of *Sequoia sempervirens* demonstrates the influence of certain parameters on the adventitious rooting of this species. Thus the rational choice of the cuttings on the original ortet associated with an adapted propagation technique, several steps of which are described, permits the multiplication of selected clones from 100-year-old mother trees. The physiological state of the cuttings, susceptible to hardly controlled variation, seems to be the leading factor for the production of quality cuttings. At the same time, the importance of the rooting system is discussed.

ZUSAMMENFASSUNG

Titel des Artikels : « Zur Verbesserung der wiederholten Stecklingsvermehrung bei *Sequoia sempervirens*. »

Diese zur Verbesserung der Bedingungen bei der wiederholten Stecklingsvermehrung von *Sequoia sempervirens* durchgeführte Studie bringt den Einfluss gewisser Parameter bei der adventiven Wurzelbildung dieser Baumart hervor. So ist durch die zweckmässige Wahl der Stecklinge auf der Ausgangspflanze, verbunden mit einer entsprechenden Vermehrungstechnik, deren verschiedene Grundzüge hier erklärt

werden, die Vermehrung von ausgelesenen Klonen aus 100 jährigen Mutterpflanzen möglich. Der physiologische Zustand der Stecklinge, welche schwer kontrollierbaren Variationen unterliegen, scheint der entscheidende Faktor zur Produktion von Qualitätsstecklingen zu sein. Gleichzeitig wird die Bedeutung des Wurzelsystems erörtert.

•

Sequoia sempervirens



← Plant issu du bouturage de l'automne-hiver 1982-1983.



Boutures du test clonal de la Mole (3^e année d'implantation).



← Bouture implantée depuis trois ans dans la parcelle de Tarascon (Bouches-du-Rhône); la tendance basitone spécifique persiste sous forme d'une profusion de pousses au pied du sujet.